

# SZABÓ M. GYULA MTA DOKTORI DOLGOZATÁNAK BÍRÁLATA

Hegedüs Tibor (PhD), Baja

- 1.) **A dolgozat témája rendkívül időszerű.** A közelmúltbeli és a jelenleg is aktív űrtávcsövek (pl. a dolgozat témája szempontjából elsősorban is a Kepler) sikeres működésének köszönhetően elérhetővé vált nagy pontosságú adattömegben ezernél is nagyobb számú exobolygó-jelölt található, amelyek tanulmányozás számtalan, eddig még soha nem tapasztalt érdekességeket rejthet, illetve a csillag+bolygó rendszerekről eddig alkotott ismereteinket immáron statisztikák készítésére alkalmas elemszámú mintává bővítette. Ezek miatt a disszertáció által felölelt témák mind a szakma, mind a közvélemény kiemelt szintű érdeklődésére tart számot (ez az idézettségei számát is mutatja – itt jegyzem meg, hogy valamiért a tudományometriai mellékleteket nem kaptam meg a doktori tanácstól, és a kapott bírálói instrukciós leírás is nagyon kevésbé volt informatív).
- 2.) **A dolgozat szerkezete** világos, felépítése jól követhető. Kb. a dolgozat terjedelmének 25%-át teszi ki a bevezető, amelyben felvezeti a téma tudományos háttérét, előzményeit, megismerjük belőle a szerző motivációit is. Talán az is indokolja a relatíve kissé hosszú bevezetőt, hogy több, különféle típusú objektumon végzett vizsgálatokat, és a szerteágazó területeket érdemesnek látszott valamiképpen egy fő irányba rendezni – ezt a szerepet el is látja ez a blokk. Az érdemi rész első 4 fejezete a saját Naprendszerünk egyes objektumcsoportjain a szerző által elvégzett kutatómunka összefoglalásával foglalkozik (ezek során is megtalálhatóak az exobolygó-rendszerek felé történő kiáltalánosítások). Majd további 2 rész az exoholdak kimutatásával és a szerzőnek egy konkrét exobolygó tanulmányozása kapcsán tett felismeréseivel foglalkozik. Ezek a részek is tartalmaznak némi felvezető történeti részeket.

„Az ütközési folyamatok szerepe...” rész mindössze 12 oldalán az SDSS MOC adatbázisából származó, az egyes kisbolygók tekintetében mindössze átlagosan várható 2 fényességmérés alapján ad becslést 8 kisbolygócsalád tagjai alakjának lapultságára, sőt a különböző lapultság szerinti eloszlásra. Impozáns módszere nagyon hatékonnak bizonyult! Az alak-eloszlás korrelációját is megvizsgálta a családok korával és pályájuk fél nagytengelye szerint. Mindebből az alak fejlődésére, az ütközéses „erózió” szerepére is tudott következtetni. Néhány konkrét kisbolygó esetére konkrét példát mutat.

A „Jupiter trójai kisbolygó csoportjainak szerkezeti vizsgálata” című részben 13 oldalon keresztül bemutatja az újfent az SDSS MOC adatbázisból szelekciós térfogat definiálással kiválogatott adatokból levonható következtetéseit. Tudományos kérdésfeltevéseinek megválaszolásához 860 trójai jelöltet azonosított, és adataik feldolgozásához kialakított módszereit a már ismert 480 trójain ellenőrizte le. Korábbi kérdésekben döntenek megállapításai (L4/L5 populáció aszimmetriája), ill. új megállapításokat is tesz (szín/inklináció).

„Az üstökösök űrszondás megközelítésének...” rövidke 8 oldalas részében a szerző által kezdeményezett nemzetközi észlelőhálózat és annak hatékonysága kerül bemutatásra. Egy fontos példa, amely kis földi távcsövek nagy nemzetközi űrszondás projekteknél történő hasznosságát bizonyítja. A szerző e téren végzett munkássága meghatározó.

„Az üstökösaktivitás határa...” újfent 12 oldalon mutatja a Hale-Bopp (C/1995 O1) üstökös nagyobb földi távcsövekkel kapott felvételek és archiv HST felvételek felhasználásával még 25 CsE-nél is aktivitást mutatott ki, ezzel kitolva az eddig ismert

aktivitási határt. Mérései alapján por-kibocsátási rátát becsül, és morfológiai következtetéseket is tesz. A megfigyelésekből származó ellentmondások feloldására is megoldást javasol: a dér-képződéssel növekvő albedó modelljét – ami újszerű felvetés.

Az „*Exobolygók holdjainak detektálhatósága...*” 8 oldalas részben az exoholdak meglévő és jövőbeli űrtávcsövekkel történő kimutatására alkotott módszerét mutatja be. A szerző e területen végzett munkája nemzetközi szinten is úttörő, más kutatókat, csoportokat is inspiráló (pl. hazai PhD dolgozat is továbbvitte, ill. kibontotta a témát).

Végül pedig az „*Új alapjelenségek...*” címet viselő, leghosszabb érdemi fejezetben (16 oldal) egy konkrét csillag-exobolygó páros (a KOI-13) vizsgálatának eredményeit ismerjük meg. A szerző által kimutatott spin-pálya rezonancia kérdésének felvetése figyelemre méltó, és jelenleg még csupán 1-2 hasonló „gyanítható” esetet jegyez a szakirodalom – a kérdés tehát új, nyitott, és még megoldatlan. A fejezet címválasztásában a többes szám használata nem világos, mert másik új alapjelenségről nincs szó. Ha a gravitációs sötétedésre, és a csillag kísérője pályadőltségének ezzel történő meghatározására célzott, az nem „új” – a fedési kettősök körében ismert és régóta figyelembe vett jelenség.

Végül 279 hivatkozást sorol fel, majd köszönetnyilvánításait. Tézisei 4 oldalon, végül az értekezés témájával összefüggő 15 publikációjának, és a tézispontok további 30 publikációjának listái zárják a dolgozatot. A felsorolt cikkek 40%-ában volt első szerző, további 13%-ában második. Mindössze 3 cikkben szerepel a 3-nál távolabbi helyen.

### **3.) A munka során alkalmazott vizsgálati módszerek színvonala, modernsége stb.**

A dolgozatban elért eredményeihez mind hazai műszerekkel, mind a legkorszerűbb nagy külföldi, földfelszíni és űrtávcsövekkel, konkrét céljaira kérelmezett távcsöidők során készített saját méréseket használt fel – ezen adatok színvonala, modernsége meg sem kérdőjelezhető! Más kutatási területein pedig a ma általánosnak mondható adatbányászattal gyűjtött adatot (pl. SDSS és Kepler adatbázisból). Láthatóan magas szinten ismeri és használja a matematikai statisztika módszereit, mestere a detektálási küszöbszintek közelében történő jelek kimutatásának, a hasznos információk maximális kinyerésének. Számtalan saját kifejlesztésű modellező szoftverre is hivatkozik, amely a publikációs háttérből is láthatóan a nemzetközi élvonalban mozog. A felmerülő kérdések, problémák megoldásában kreatív; egészen meglepő ötletekkel képes eredményt kicsikarni. Az eredmények nagy részét hierarchikus csapatmunkában érte el, ahol (tudomásom szerint) többször is irányító, vagy legalábbis kezdeményező szerepe volt. A dolgozatban több helyen is igyekszik a megfogalmazásban is elkülöníteni, kihangsúlyozni a team munkából reá eső saját részt. Azonban hozzám a megküldött anyaggal társ szerzői nyilatkozatok nem jutottak el, így pusztán a dolgozat alapján tudom ezt az aspektust megítélni.

### **4.) A dolgozat tudományos értéke: az új tudományos eredmények kiemelése, vitatható kérdésekre való figyelemfelhívás:**

A szerző téziseit a disszertáció 6 érdemi fejezete szerint csoportosítva, összesen 21 pontban sorolta fel. Ezeket elfogadom eredeti és új tudományos eredménynek! Háromhoz azonban néhány megjegyzésem, ill. javaslatom lenne:

1. A harmadik tézist némi átfogalmazással venném figyelembe – a szó szigorú értelmében nem „igazolta” (értsd: pl. megcáfolhatóanul) a nevezett hipotézist (az

általános értelmezés szerint ilyen módon további igazolás akár már nem is lenne szükséges), hanem csak arról van szó, hogy egy ráutaló, de mégiscsak eléggé elkent statisztikai tényre bukkant, ami szerint a kisbolygók alakjának 2-3 milliárd év alatti legömbölyödése „eléggé gyakori” ahhoz, hogy valamilyen hatás működését sejtjük mögötte. De ezt meg az előző pontban már megfogalmazta... Ezért ez a pont inkább arról szólhatna, hogy egy ilyen hatás mechanizmusára alkotott hipotézist. *(Ez kérdés is a részemről, hogy ez viszont valóban a szerző saját eredménye-e?)*

2. Ugyanakkor nem látom a tézisek között az öreg családok alak-eloszlásában talált érdekesnek tűnő bimodalitásának felismerését. *(Talán nem gondolta elég erős állításnak?)*
3. A sorrendben 10. tézisé (Deep Impact) ő maga is többes számot használ – nem eléggé domborodik ki, hogy ez mennyire a szerző saját v. legalábbis az általa vezetett hálózat eredménye. Az utolsó mondat szerintem nem a tézishoz tartozik, nem tézisszerű állítás, és nem is saját eredmény... Legalábbis ebben a kontextusban.
4. A 17. tézisé (csak a tisztánlátás kedvéért érdemes lenne hangsúlyoznia, hogy a módszer kitalálása és kidolgozása-e a szerzőé, és pl. Simon A. PhD dolgozatában szereplő hasonló tézis inkább csak a módszer hatékonyságának bizonyítására fókuszált).

A többi tézissel kapcsolatban nincs megjegyzésem. Többjük kiemelten figyelemre méltó, jelentős és további nemzetközi kutatásokat inspiráló, iránymeghatározó jellegű!

## **5.) Az értekezéssel összefüggő tudományos közlemények a szakterület által előírt követelményeket kielégítik-e?**

A szerzőnek a dolgozattal összefüggő 45 cikke jól lefedik a dolgozat témáját, és az MTA doktori cím elérésének feltételül előírt követelményeket kielégítik. 60%-uk (27) magas IF-ú, vezető szaklapokban jelent meg (további 1 még megjelenés alatt).

## **6.) Az értekezés egészével vagy egyes részleteivel kapcsolatos kérdések:**

Kicsit szerteágazó, de izgalmas, érdekes témákat tárgyaló, hatalmas mennyiségű számítást és adatfeldolgozást, valamint ezek eredményeit kiértékelő munkát felvonultató mű. A szerző munkássága alapvető eredményekkel járult hozzá több tudományterület továbbfejlődéséhez!

### **A védeésre megfogalmazott kérdéseim:**

- 1.) A 8. oldal egyik állítása szerint „a másodlagos tranzit (gondolom itt az okkultációs fedésre gondol) fázisából és időtartamából a pálya excentricitása és a felszálló csomó hossza becsülhető” – az exobolygók fénygörbe-vizsgálataival nem foglalkozom napi szinten, de a fedési kettősök fénygörbe-elméletének egyértelmű analógiáiról van szó ezek esetén is, ott pedig ez (triviális geometriai okok miatt) kizárt, csak a  $\omega + \Omega$  együttes értéke becsülhető. ***Kérem, kommentálja, hogy csak elírásról van-e szó, vagy pedig a csillag-exobolygó fedések esetében van valamilyen lehetőség ténylegesen a periasztron argumentum leválasztására, és a felszálló csomó meghatározására?***
- 2.) Nagyon izgalmas kérdésnek tűnik a számomra a kisbolygók kis energiájú becsapódás általi alak-formálódása! Azonban ugyanezek a hatások a szerző által említve egyfelől a gömbösödés irányába hatnak, másfelől meg a lapos sík felületek (és így éles

peremek) kialakulása felé. *Miben rejlik a különbség, milyen egyéb feltételek szerint megy az egyik irányba a folyamat, és milyen esetekben/módon a másik (a bombázó testek irány szerinti eloszlása, a kisbolygó kezdeti pályaelemei, kezdeti alakja, stb.)? Ugyanannál a kezdeti kisbolygónál lesznek-e előbb lapos felületek, majd idővel gömb, vagy pl. a már kezdetben elnyúltak az idő előrehaladtával gömbösödnek – a kevésbé elnyúlt, „gömbszerűek” pedig inkább laposodnak (mint pl. 2.5 ábra)...*

- 3.) Elemi becslésekkel nekem úgy tűnik, a radiális sebesség mérések által megengedett keringési sebességekkel a KOI-13 A és B 16 éves keringési idejű lenne ( $2-2 M_{\text{Nap}}$  esetén) 2-2 CsE sugarú pályákon. Inkább együttmozgó két távoli csillagra gondolnék, semmint gravitációsan kötött rendszerre! *Történtek-e azóta direkt távolságmérések, vagy más jellegű kiegészítő mérések, és ezek mit mondanak erről a két csillagról?*
- 4.) A szerző mindenütt következetesen feltünteti a kapott/használt fizikai mennyiségeinek hibakorlátait – de a KOI-13 fényesebbik csillagának 25,4 órás feltételezett rotációja meghatározási hibáját nem közölte... Ha felteszem, hogy hasonló mások korábbi meghatározásaiéhoz (3,9 óra) kicsit korainak érzem az 5:3 rezonancia tényének kikiáltását, annál inkább, minthogy még az sem bizonyított, hogy ez valóban a rotációs periódus! *Kérem, adja meg a 25,4 órás jel meghatározási hibahatárait, és kommentálja, hogy a dolgozat beadása óta eltelt idő alatt sikerült-e pontosítani ezen, ill. meg tudja-e védeni más független ténnyel is, hogy itt bizonyosan valós rezonancia áll-e fenn?*

## 6.) Az értekezés nyelvezete, stílusa, érthetősége, kiállítása, esztétikuma:

A jelölt értekezését magyar nyelven készítette. Sok elütés található benne, de ezek nem nagyon hátráltatják az olvashatóságot. Az ábrák jól megkonstruáltak, érthetőek, bár több esetben is igénylik a szöveg megfelelő részeinek felkeresését a teljes megértéshez (azaz az ábra aláírások nem mindig teljesek, önmagyarázóak). Az 1.10-es ábrán a sárga színű görbére is zöldként hivatkozik. Ha jól követtem a dolgozat szövegét, a szerző mondandóját, akkor ugye a 2.6. ábrán (53. oldal) nem az Ariadné-ról van szó, ahogyan a képaláírás mondja, hanem tényleg az Annefrank-ról? A 7.7. ábrán nincs skála az y tengelyen és nem tudni, mi az  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ . Az ábramagyarázatok nem eléggé következetes formátumúak – kb. felerészből csökkentett betűméretűek és döntöttek, míg a másik felében a szöveggel azonos méretűek és típusúak. Az előbbinél maradni jobb lett volna, formailag kicsit egységesebb és könnyebben áttekinthető lett volna. Néhány ábra aláírásnál kettős kérdőjelet találtam, helyenként pedig a szövegben is – ezeket nem tudtam értelmezni. Pár helyen belekeveredtek angol szavak, ill. az angolszász tizedesponthasználata is. A formulák kiszedése jó, általában a magyarázatuk is rendben van, pár helyen éreztem egy kis keveredést, pl. a 112-113. oldalakon a korábban (pl. 99. oldal) a csillag rotációs szögsebességére fenntartott  $\Omega$  és a bolygó felszálló csomójának ( $\Omega_p$ ) jelölése keveredik. A csillag sugarát is hol R-ként, hol  $R_*$ -ként jelöli, a kis  $r$  pedig hol egy külső pont távolsága a csillag középpontjától (111. oldal), hol a csillag poláris sugara (113. old.) de az adott helyen helyileg nagyjából rendbe vannak téve az értelmezések.

Mindenesetre ezek nem vonnak le a dolgozat értékéből. Egy nemzetközi szinten is kiváló kutató több elkülönült területen is jelentős, élvonalbeli eredményeit foglalja össze a dolgozat – így a fentiek alapján, összességként egyértelműen:

**az MTA doktora cím megítélését javaslom!**

Hegedüs Tibor SK.